

DISTRIBUCE SÍRY VE SLOJI ANTONÍN V ZÁJMOVÉ OBLASTI LOMŮ JIRÍ A DRUŽBA

ABSTRACT

This paper is focused on the sulphur and sulphur forms distribution in Antonin coal seam at Jiri and Druzba open-cast mines in the North Bohemian brown coal basin, in the Czech Republic. It briefly describes the basic geological structure of the area, deals with sulphur forms, sulphur genesis, chemism, coal sampling and analysis from the exploration boreholes. Overall 32 coal samples were precisely analyzed. The results of this analysis were used for the construction of the graphic outputs. Based on these results, the hypotheses of sulphur distribution are confronted with the real situation. Produced coal is used for energetic purposes.

ABSTRAKT

Předložený článek je zaměřen na studium distribuce síry ve sloji Antonín, v zájmové oblasti hnědouhelných lomů Jiří a Družba v Sokolovské uhelné, právním nástupci a.s. Úvodem seznamuje se základní geologickou stavbou zkoumaného území, o způsobu stanovení forem síry. V práci jsou zpracovány výsledky analýz provedené na uhelných vzorcích, pocházejících z účelových vrtů, které byly provedeny za účelem získání těchto vzorků. Analyzováno bylo celkem 32 vzorků uhlí odebraných ze 3 vrtů. Výsledky laboratorních stanovení jsou pak využity pro konstrukci grafických a statistický příloh.

Keywords: North Bohemian brown coal basin, sulphur forms, sulphur speciation in coal, open-cast mine

ÚVOD

Stanovení síry chemickými metodami bývá standardní součástí ložiskových i provozních průzkumů uhelných slojí. Provozní analýzy prováděné jednotlivými důlními společnostmi zpravidla uvádějí pouze obsah celkové síry [1]. I když znalost obsahu celkové síry pro mnohé účely postačuje, je například běžnou součástí výpočtů kondic a odbytových norem. Pro určité potřeby je rovněž nutné znát, jak je síra rozdělena v uhelné složce.

Přítomnost síry v uhlí ve vyšších obsazích znamená vážný technologický a ekologický problém, limitující využívání uhlí. Těžební organizace jsou legislativně vázány k dodávkám uhlí, které splňuje kvalitativní limity obsahu nežádoucích složek.

I přes intenzivní dlouhodobý průzkum a velké množství shromážděných dat chybí studie distribuce síry, zohledňující geologické a geochemické podmínky vzniku a vývoje uhelných slojí.

Předložená studie forem síry je v Sokolovské uhelné, právním nástupci, a.s. první svého druhu.

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA SOKOLOVSKÉ PÁNVE

Sokolovská hnědouhelná pánev leží v jihozápadní části Podkrušnohoří. Rozkládá se přibližně na území mezi Habartovem, Sokolovem a Karlovými Vary.

Tvoří ji systém vzájemně propojených, ve východní části pánve téměř izolovaných reliktních terciéru pokrývajících plochu více než 200 km², které jsou sestaveny v depresi sv. směru. Pánev je na severu ohraničena krystalinikem Krušných hor, jižní ohraničení tvoří krystalinikum Slavkovského lesa, západní ohraničení je tvořeno krystalinickým hřbetem Chlumu sv. Maří. Na východě je pánev ohraničena neovulkanity Doupovských hor. Sokolovská pánev je nápadná, stupňovitě uspořádaná, oboustranně tektonicky omezená, příčně asymetrická deprese protažená SV - JZ směrem. SV protažení pánve způsobují významné zlomy JZ směru. Na S je to krušnohorský zlom, který pokračuje ze severočeské pánve a paralelně s ním zlom oherský. K dalším významným zlomům SV - JZ směru patří zlom lipnický, grassetský, novosedelský a kytlický. K příčným zlomům patří zlom svatavský, chodovský a karlovarský.

Podle významných příčných zlomů se provozně rozděluje na část západní, střední (západní + střední = sokolovská pánev s.s.) a východní (karlovarsko-otovická pánev) s poněkud odlišným vývojem některých jednotek. K pánvi patří i výskyt terciéru u Hroznětína, někdy označovaný jako hroznětínská pánev [3].

Maximální mocnosti dosahují pánevní sedimenty v části střední (oblast lomu Družba) a to až 350 m. Podle blokového členění náleží sokolovská pánev ke krušnohorskému bloku Českého masívu.

Na vývoji pánevních sedimentů se podílely jak exogenní, tak i endogenní geologické procesy. Vývoj pánve byl však primárně řízen endogenními procesy (vulkanismus), podíl vulkanického materiálu v sokolovské pánvi je asi 55 %.

METODIKA ODBĚRU A PŘÍPRAVY VZORKŮ

Vzorky byly odebrány ze tří vrtů, s označením JP531, JP533, JP535 (pozice vrtů viz. obr. 3). Vrty k prověření kvality



Obr. 1. Vrtné práce soupravou ZIF 650 (foto autor).

uhelné sloje byly provedeny vrtáním na jádro, s výnosem minimálně 90 %.

Všechny tři výše jmenované vrty byly odvrtny pojízdnou vrtnou soupravou ZIF 650 M, viz. (obr. 1). Střední vrtná souprava ZIF 650 M, výroby SSSR, je instalována na podvozek TATRA 815. Souprava je konstruována pro rotační vrtání geologicko – průzkumných vrtů s přímým výplachem, prakticky až do 300 m. Maximální počáteční průměr je 195 mm, konečný 93 mm [5].

Při kompletaci byl vrtný stroj vybaven sklopnou věží ovládanou hydraulickými válci, roztáčečem RT 1200, výplachovým čerpadlem SPV III. a čtyřmi hydraulickými opěrami. Souprava byla ještě doplněna zařízením pro poloautomatické odtěžování vrtných trubek. Dále vzhledem ke zvětšení počtu hydraulických spotřebičů bylo změněno hydraulické čerpadlo a zásobník hydraulického oleje.

Vzorky byly chráněny před povětrnostními vlivy, poškozením, oxidací apod. Jádro nebo drť se postupně ukládalo do vzorkovnic (obr. 2), které rozměry odpovídaly objemu vzorku. Vzorky byly plynule označovány po jednotlivých návrtech.

Bezprostředně po provrtání uhelné sloje provedl geolog segmentaci jader a po zpracování prvotní dokumentace přiložil k segmentaci průvodní doklad, který pak doprovázel vzorek po dobu jeho dalšího zpracování, až do dokumentace analytických vzorků.

Po řádném zabalení do nepropustného materiálu bylo zajištěno včasné převzetí vzorků do laboratoře. Každý vzorek, předaný laboratoři byl opatřen průvodkou se základními údaji.

Celkem bylo k dispozici 32 upravených vzorků (sušení, drcení, mletí, kvartace) uhlí, v každém z vrtů označených čísly úseků od č. 111 do č. 121. Ve vrtu JP533 není zpracován úsek č. 113, úsek je tvořen proplástkem.

STANOVENÍ FOREM SÍRY

Obsah celkové síry (S_t) byl stanoven pomocí metody Eschka, která odpovídá normě ISO 334:1993, pyritová síra (S_{pyr}) a síranová síra (S_{SO_4}) byly stanoveny dle normy ISO 157:1996.

K oddělení síranové síry od pyritové síry je zkušební podíl extrahován zředěnou kyselinou chlorovodíkovou k převedení, jak síranové síry, tak nepyritového železa do roztoku. Pyritové železo a síra zůstávají ve zbytku, který se oddělí filtrací.



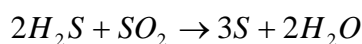
Obr. 2. Část jádra ve vzorkovnici (foto autor).

Nerozpustný zbytek z loužení s kyselinou chlorovodíkovou se dále extrahuje zředěnou kyselinou dusičnou k převedení pyritového železa do roztoku. Obsah přítomného železa se potom stanoví technikou atomové absorpční spektrometrie. Obsah pyritové síry ve výchozím zkušebním vzorku se vypočítá z této koncentrace pyritového železa, za předpokladu stechiometrie 1:2 (FeS_2).

Organická síra (S_{org}) je stanovena dopočtem dle vzorce:

$$S_{\text{org}} = S_t - (S_{\text{pyr}} + S_{\text{SO}_4})$$

Další formou síry v uhlí může být elementární síra, která se vyskytuje jen v některých typech hnědého uhlí a je spíše druhotného původu:



Ve většině případů můžeme obsah elementární síry zanedbat, protože se vyskytuje v malých množstvích [2], [4].

Jako dodatková informace byl laboratorně stanoven i obsah popela (A^d) v každém ze 32 vzorků uhlí.

VÝSLEDKY ANALÝZ

Na základě dlouholetého průzkumu je k dispozici množství dat o obsazích celkové síry (S_t). Hodnoty s nejvyšší četností jsou obsahy celkové síry od 0,5 % do 1,2 %, tedy je možné hnědé uhlí sloje Antonín hodnotit jako kvalitní a vhodné pro těžbu. Minimální obsahy celkové síry v uhlí byly stanoveny na 0,2 %, maximální obsahy do 10 % (okrajově až 12 %).

Výsledky analýz jsou uvedeny v tabulkách č. 1 až č. 3. Každá z tabulek reprezentuje jeden vrt. Minimální, maximální a průměrné hodnoty jsou v tabulkách pro názornost uvedeny také.

Obsah celkové síry v uhlí se zájmových vrtů JP531, JP533, JP535 kolísá od 0,94 % do 11,18 %, při průměrné hodnotě 3,91 %. Minimální hodnota 0,26 % zaznamenaná ve vrtu JP535 je ovlivněna přítomností proplásku.

Převažující formou síry je organická síra (S_{org}), následována pyritickou sírou (S_{pyr})

a síranovou sírou (S_{SO_4}). Zvýšený poměr síranové síry (S_{SO_4}), společně s poklesem hodnot obsahů síry, který byl zachycen ve vzorku č. 113 vrtu JP535 může být vysvětlen přítomností proplásku, který snížil obsahy síry a zvýšil obsah zachyceného popela (A^d). Přítomnost proplásků musí být vzata v úvahu také i v ostatních úsecích, konkrétně se objevuje v úsecích č. 118 a č. 120.

Obsahy organické síry leží v rozmezí 0,14 % – 6,5 %, obsahy pyritové síry nabývají hodnot 0,05 % – 5,64 %, síranová síra 0,06 % – 1,09 %.

Zajímavým zjištěním je, že poměry jednotlivých forem síry ve vzorcích zůstávají ve stejném až konstantním poměru. Až na drobné anomálie, které jsou patrné v úsecích, kde se objevuje proplástek.

Pozice průzkumných vrtů JP531, JP535 a JP533 byly zcela záměrně vybrány v části lomu, kde byl zachycen prudší nárůst celkové síry. Se vzorky, které obsahují vyšší podíly síry a jejích forem, se lépe analyticky pracuje a výsledky jsou průkaznější. Zvyšující se obsah celkové síry v severním směru naznačuje, že síra do pánve migruje z krystalinika Krušných hor.

Tabulka č. 1. Laboratorně stanovené vlastnosti uhlí z vrtu JP531.

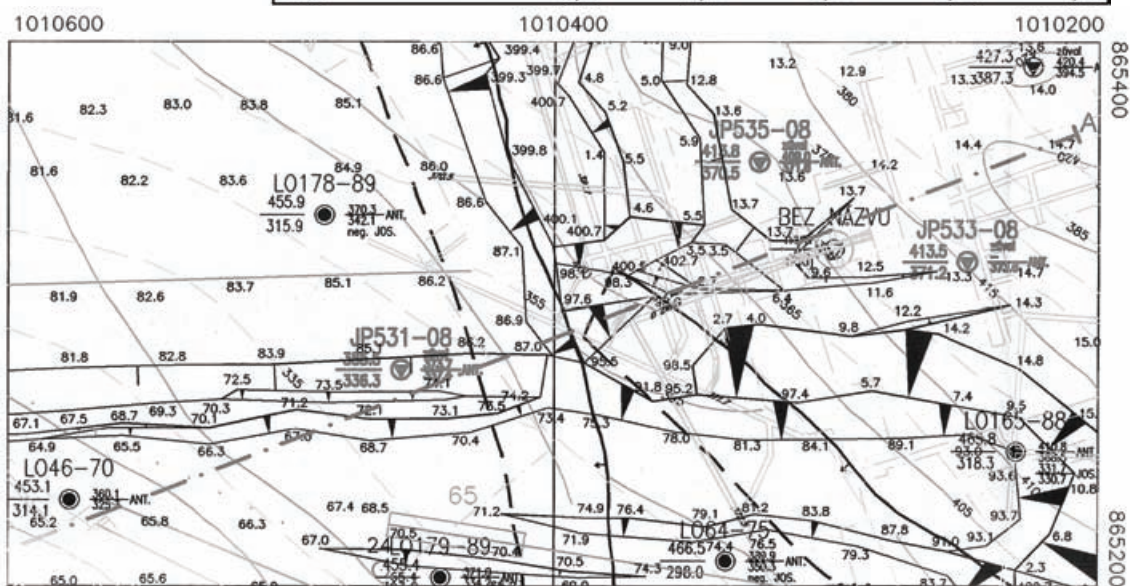
vrt	vzorek č.	úroveň od - do [m]	Ad [%]	S _t [%]	S _{org} [%]	S _{pyr} [%]	S _{SO4} [%]
JP531	111	11,80 - 16,00	10,85	1,47	0,90	0,40	0,17
	112	16,00 - 19,85	8,36	1,49	1,06	0,23	0,20
	113	19,85 - 19,90	64,11	0,94	0,41	0,43	0,10
	114	19,90 - 24,00	9,90	1,17	0,73	0,38	0,06
	115	24,00 - 27,55	10,95	1,04	0,92	0,06	0,06
	116	27,55 - 30,90	18,24	1,76	1,16	0,41	0,19
	117	30,90 - 33,20	15,63	2,80	2,10	0,57	0,13
	118	33,20 - 38,50	47,85	1,66	1,36	0,23	0,07
	119	38,50 - 42,70	16,72	7,29	4,30	2,24	0,75
	120	42,70 - 42,90	86,49	3,81	1,23	2,17	0,41
	121	42,90 - 48,05	26,37	7,08	3,48	2,74	0,86
		Průměr		28,68	2,77	1,60	0,90
	Min		8,36	0,94	0,41	0,06	0,06
	Max		86,49	7,29	4,30	2,74	0,86

Tabulka č. 2. Laboratorně stanovené vlastnosti uhlí z vrtu JP535.

vrt	vzorek č.	úroveň od - do [m]	Ad [%]	S _t [%]	S _{org} [%]	S _{pyr} [%]	S _{SO4} [%]
JP535	111	4,85 - 9,00	7,89	1,87	1,37	0,32	0,18
	112	9,00 - 13,25	8,67	1,90	1,13	0,63	0,14
	113	13,25 - 13,30	69,02	0,26	0,14	0,05	0,07
	114	13,30 - 18,00	9,89	1,26	0,86	0,27	0,13
	115	18,00 - 21,40	12,27	1,95	1,35	0,48	0,12
	116	21,40 - 24,75	24,00	4,11	2,27	1,25	0,59
	117	24,75 - 28,00	21,49	3,52	2,29	0,88	0,35
	118	28,00 - 32,60	36,62	2,82	1,91	0,58	0,33
	119	32,60 - 36,60	17,18	9,10	5,01	3,55	0,54
	120	36,60 - 36,85	87,14	4,99	1,25	3,31	0,43
	121	36,85 - 42,20	29,40	9,05	3,90	4,15	1,00
		Průměr		29,42	3,71	1,95	1,41
	Min		7,89	0,26	0,14	0,05	0,07
	Max		87,14	9,10	5,01	4,15	1,00

Tabulka č. 3. Laboratorně stanovené vlastnosti uhlí z vrtu JP533.

vrst	vzorek č.	úroveň od - do [m]	Ad [%]	S _t [%]	S _{org} [%]	S _{pyr} [%]	S _{SO4} [%]
JP533	111	0,00 - 1,00	17,65	3,35	1,92	0,72	0,71
	112	6,50 - 8,00	10,97	4,10	2,31	1,20	0,59
	113	-	-	-	-	-	-
	114	8,00 - 13,00	9,65	2,22	1,30	0,57	0,35
	115	13,00 - 17,00	15,14	4,41	2,51	1,32	0,58
	116	17,00 - 18,55	24,79	3,93	2,31	1,03	0,59
	117	18,55 - 23,90	29,89	3,16	2,33	0,56	0,27
	118	23,90 - 29,20	48,97	2,59	1,73	0,57	0,29
	119	29,20 - 34,25	14,79	7,85	4,90	2,27	0,68
	120	34,25 - 34,45	87,87	11,10	6,50	3,98	0,62
	121	34,45 - 39,90	24,68	11,18	4,45	5,64	1,09
Průměr			28,44	5,39	3,03	1,79	0,58
Min			9,65	2,22	1,30	0,56	0,27
Max			87,87	11,18	6,50	5,64	1,09



Obr. 3. Lokace vrtů JP531, JP533, JP535.

Tabulka č. 4. Přehled koeficientů korelace

JP531	S_{org}	S_{pyr}	S_{SO4}	S_t
S_{org}	1			
S_{pyr}	0,77	1		
S_{SO4}	0,87	0,94	1	
S_t	0,95	0,93	0,97	1

JP533	S_{org}	S_{pyr}	S_{SO4}	S_t
S_{org}	1			
S_{pyr}	0,81	1		
S_{SO4}	0,52	0,79	1	
S_t	0,94	0,96	0,73	1

JP535	S_{org}	S_{pyr}	S_{SO4}	S_t
S_{org}	1			
S_{pyr}	0,75	1		
S_{SO4}	0,77	0,84	1	
S_t	0,93	0,94	0,89	1

Výsledky výpočtů korelačních koeficientů jsou uvedeny v tabulce č. 4. Z tabulky vyplývá několik poznatků. Korelační koeficienty dosahují příznivých hodnot a ukazují na významný stupeň vztahu mezi proměnnými (v tomto případě formami síry). Nejvyšší stupně závislosti se projevují v případě celkové síry a všech forem síry, s koeficienty korelace kolem nad 0,9. Tato závislost je patrná u všech čtyř tabulek vyhodnocení.

Z tabulek dále vyplývá poměrně vysoká závislost organické síry a síry pyritické, nepatrně nižší závislost síry pyritické a síry organické, nejnižší závislost síry síranové na síře organické.

Je důležité se zmínit, že soubor 32 vzorků nemůže být přijat jako bezproblémový reprezentační vzorek. Bylo by více než vhodné zvýšit počet průzkumných vrtů a umístit je také do dalších částí lomu.

ZÁVĚR

Severočeské hnědouhelné pánve jsou nejdůležitějšími producenty uhlí v České republice. Mocnost sloje Antonín místy dosahuje až 40 m. Ve 32 vzorcích uhlí z této sloje byly separací stanoveny obsahy síry celkové, pyritické (sulfidické), organicky vázané a síranové.

Převažující formou síry je síra organická, následována sírou pyritickou. Nejnižší obsahy tvoří síra síranová. Zajímavým zjištěním je, že poměr jednotlivých forem síry zůstává téměř konstantní. Bylo by vodně tento průzkum rozšířit o další vrty, ve kterých se provede stanovení forem síry. Takto rozšířený soubor by byl snáze zpracovatelný moderními statistickými metodami. Vyšší počet vrtů by také umožnil zkoumat rozložení jednotlivých forem síry také v horizontálním směru.

Distribuce síry byla studována zejména ve vertikálním směru, právě z důvodu nízkého počtu průzkumných vrtů. Můžeme si vypomoci, pokud vezmeme v potaz data obsahů celkové síry, jejichž soubor je velmi bohatý. V případě horizontální variability se tak lze omezit na vyhodnocení z údajů o obsazích celkové síry a konstatování, že v severním směru obsahy celkové síry a tedy i forem síry výrazně narůstají. To lze odůvodnit přibližováním lomu horninám krystalinika, odkud pravděpodobně síra migruje do pánve.

LITERATURA

[1] Mach K., Žák K., Jačková I.: Sulfur speciation and isotopic composition in a vertical profile of the main coal seam of the North Bohemian brown coal basin and their paleogeographic interpretation. Bulletin of the Czech Geological Survey. Czech Republic, Vol. 74/issue 1, pp 51-66, 1999.

[2] Markova K., Kortenski J., Sumnaliev D.: Sulphur in coals from the Sofia and Stanyantsi basins. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. Bulgaria. Vol 43/issue 3, pp 309-314, 2008.

[3] Rojík, P.: Návrh stratigrafického členění teriéru sokolovské pánve. Most: Zpravodaj Hnědé uhlí, 2, 2005. 17 s.

[4] Ryan B., Ledda A.: A Review of Sulphur in Coal: With Specific Reference to the Telkwa Deposit, North-Western British Columbia. Geological Fieldwork. Ministry of Employment and Investment. Paper 1998-1, pp 1-21, 1997.

[5] Vozdvizhensky B., Golubintsev O., Novozhilov A.: Exploratory Drilling. Mir publisher. Moskva, 510 p., 1982.